

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-251220

(43)Date of publication of application : 17.09.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
G03F 7/20

(21)Application number : 10-049356

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 02.03.1998

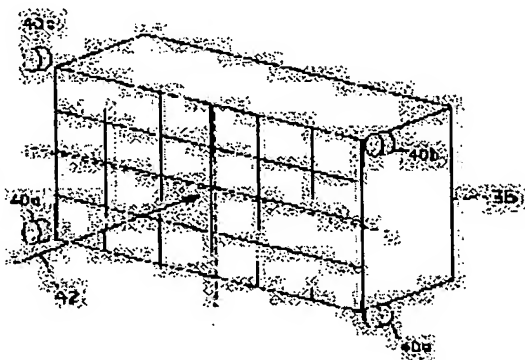
(72)Inventor : MIKAMI AKIRA
TANITSU OSAMU

(54) EXPOSURE EQUIPMENT AND EXPOSURE METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide exposure equipment and a method of exposure, in which an exposure beam having optimized distributions of its intensity and quantity is obtained by providing detection means, which detects the exposure beam on a plane that is almost the same as the plane of beam incidence of an optical integrator, on which the exposure beam is ejected to irradiate a pattern on a reticle.

SOLUTION: An example is shown, in which a light source is installed under the floor of the main body. Light detectors 40a-40d are installed so as to adjoin a fly-eye lens 35 on extensions of diagonals of an incident plane for a laser light 42 of the fly-eye lens 35. By analyzing a light beam control member detection signals from the light detectors 40a-40d for the laser light 42 to detect foot parts of the intensity profile of the laser light 42 and based on the detected result, positional shift quantity for the optical axis of the laser light 42 is driven. Based on the positional shaft quantity, optical components of the illumination system are controlled, so that the center of the laser light 42 is incident perpendicular to the center of the fly-eye lens 35 and spread of the incident laser light 42 is optimized.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(11)特許出願公開番号

特開平11-251220

(43)公開日 平成11年(1999)9月17日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F. I

H O 1 L 21/027

H O 1 L 21/30

5 1 5 D

G O 3 F 7/20

5 2 1

G O 3 F 7/20

5 2 1

H O 1 L 21/30

5 1 6 C

審査請求 未請求 請求項の数14 OL (全 11 頁)

(21)出願番号

特願平10-49356

(22) 出願日

平成10年(1998)3月2日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 三上 朗

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72)発明者 谷津 修

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

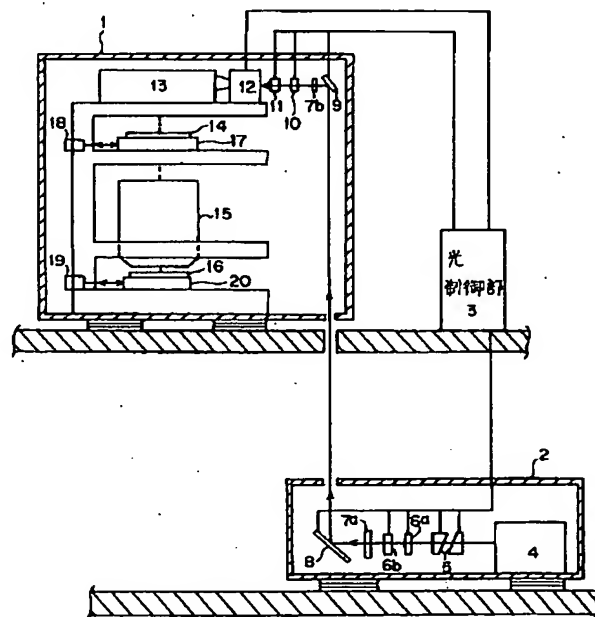
(74) 代理人 弁理士 大曾 義之

(54) 【発明の名称】 露光装置及び露光方法

(57) 【要約】

【課題】 投影露光装置においてフライアイレンズに入射するレーザ光の光軸ずれや照射むらを極めて高いレベルで補正する。

【解決手段】 フライアイレンズに隣接するように配置した光検出器、あるいはフライアイレンズのレーザ光入射面の前部にスライド可能に配置した光検出器によって、フライアイレンズに入射するレーザ光の強度プロファイルを直接検出する。その検出結果に基づいて、光源からレチクル照射系の間の各光学素子を調節することにより、フライアイレンズに入射するレーザ光の位置、角度、入射範囲等を最適に補正する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 露光ビームをマスクのパターンに照射することによって、該パターンを基板上に転写する露光装置であって、

該露光ビームを入射して、該パターンに向けて照射するオプティカルインテグレートと、

該オプティカルインテグレートのビーム入射面とほぼ同一の面内に配置された、該露光ビームを検出する検出手段と、

を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 2】 前記検出手段は、前記オプティカルインテグレートの周辺または光入射側表面近傍において、前記露光ビームの広がる範囲内に設置されることを特徴とする、請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 3】 前記検出手段は、前記オプティカルインテグレートの周辺に配置された、複数のフォトダイオードまたは焦電素子または光導電素子であることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の露光装置。

【請求項 4】 前記検出手段は、前記オプティカルインテグレートの周辺に前記オプティカルインテグレートの光軸に対して放射状に配置された複数の検出素子であることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の露光装置。

【請求項 5】 前記検出手段は、前記オプティカルインテグレートの光入射側表面を覆うことのできる板状検出手段であり、該板状検出手段は前記露光ビームの強度を測定する複数の検出素子を備えていることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の露光装置。

【請求項 6】 さらに、前記検出手段に照射される前記露光ビームを遮光または減光するための遮光手段を備えたことを特徴とする、請求項 1 から 5 のうちの 1 つに記載の露光装置。

【請求項 7】 さらに、前記検出手段の光入射側前方に配置された、前記検出手段の光入射有効エリアよりも小さい面積の開口をもつ入射光限定手段を備えたことを特徴とする、請求項 1 から 6 のうちの 1 つに記載の露光装置。

【請求項 8】 さらに、前記検出手段による検出信号に基づいて、前記オプティカルインテグレートに入射する露光ビームの大きさあるいは形状を変更するビーム形状成形手段を備えたことを特徴とする、請求項 1 から 7 のうちの 1 つに記載の露光装置。

【請求項 9】 さらに、前記検出手段による検出信号に基づいて、前記オプティカルインテグレートに入射する露光ビームの光軸の角度を変更するビーム角度補正手段を備えたことを特徴とする、請求項 1 から 8 のうちの 1 つに記載の露光装置。

【請求項 10】 さらに、前記検出手段による検出信号に基づいて、前記オプティカルインテグレートに入射する露光ビームの光軸の位置を変更するビーム位置変更手段を備えたことを特徴とする、請求項 1 から 9 のうちの 1

つに記載の露光装置。

【請求項 11】 露光ビームをオプティカルインテグレートを介してマスクのパターンに照射して、該パターンを基板上に転写する露光方法であって、

該露光ビームを、該オプティカルインテグレートの入射面とほぼ同一の面内で検出するステップと、

その検出結果に基づいて、該オプティカルインテグレートに対する該露光ビームの入射状態を検出するステップと、

10 を含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 12】 前記露光ビームは、前記オプティカルインテグレートの周辺において検出されることを特徴とする、請求項 11 に記載の露光方法。

【請求項 13】 前記入射状態の検出は、前記オプティカルインテグレートに対する前記露光ビームの入射位置および前記オプティカルインテグレートの入射面での前記露光ビームの強度分布の少なくとも一方の検出を含むことを特徴とする、請求項 11 又は 12 に記載の露光方法。

【請求項 14】 さらに、前記露光ビームの検出結果に基づいて、前記オプティカルインテグレートに入射する露光ビームの大きさ、形状、角度、位置の少なくとも 1 つを変更するステップを含むことを特徴とする、請求項 11 から 13 のうちの 1 つに記載の露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体、液晶パネル、薄膜磁気ヘッド等をフォトリソグラフィ技術を用いて製造する際に用いられる露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体や液晶パネルの製造には、水銀ランプやエキシマレーザ光等の光ビームによってレジスタ上の半導体パターンを露光することにより、基板（ウエハ）上にパターンを拡大あるいは縮小して所望の大きさで転写する露光装置（ステッパー）が用いられている。このような露光装置では、露光光源からの光ビームを、その光強度が均一となるようにレジスタ上に照射するためにフライアイレンズ等のオプティカルインテグレートが用いられている。レジスタ上に照射される光ビームの強度が均一でなく露光範囲内に照度むらが生じると、それは転写されるパターンの線幅値に影響を与え、場所によっては希望の線幅値が得られなくなる。例えばフライアイレンズは多数のレンズをちょうどハエの目のように張り合わせたものであり、光ビームをそのようなフライアイレンズを通して照射することにより、レジスタ上での照度むらを低減させることができる。

【0003】図 12 は、フライアイレンズの一例を示す図であり、またフライアイレンズに入射する光ビームとフライアイレンズの幾何学的な関係も表している。この図に示すように、フライアイレンズ 90 は複数のサブレ

レンズ 92a~92x で構成されている。このフライアイレンズ 90 に入射する光ビーム 94 は、フライアイレンズ 90 に入射する位置においてフライアイレンズ 90 の入射面とほぼ同形同寸法の強度プロファイル（あるいは断面光強度分布）をもっている。レチクルに対する露光照明を均一かつ高能率に行なうためには、フライアイレンズ 90 に入射する光ビーム 94 の光取り込み率を上げ入射光のむらを少なくすることが必要であるが、そのためにはフライアイレンズ 90 に入射する光ビーム 94 の強度プロファイルの中心をフライアイレンズ 90 の中心にできる限り一致させなければならない。

【0004】ところで、露光装置は通常クリーンルーム内に設置されるが、露光のための光源としてエキシマレーザを用いる場合、光源となる装置が大型であるため、クリーンルーム内での光源の占有面積は非常に大きなものとなる。また、エキシマレーザ光源は希ガスやハロゲンガスをを用いるため、光源を露光装置のオペレータが作業する環境とは別の場所に設置することが望ましい。このような理由により、エキシマレーザ光源を露光装置の本体部から分離して、例えば本体部を設置する床の下などクリーンルームの外部に設置することが考えられている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】露光光源を露光本体部と切り離して床下などに設置した場合、露光光源から本体部までの露光ビームの光路は、露光光源の光射出面とフライアイレンズの入射面とが共役となるように設定して、レチクル照明系の光取り込み率を所定の値に確保する必要がある。しかし、露光光源が露光本体部と離れて設置されているような場合、それぞれの系ごとの振動などに起因して露光光源と露光本体部の相対的ずれが発生し、露光ビームの光軸にもずれが生じることがある。このような場合、フライアイレンズの入射面における露光ビームの位置ずれ量（位置シフト）や角度ずれが大きくなって、フライアイレンズの取り込み光量の変動量も大きくなる。

【0006】このような問題を解決するために、露光ビームの光軸のずれ量を検出して、その検出結果に基づいて露光ビームの位置を調整する方法が考えられるが、従来の露光装置では、露光光源が発する光ビームの位置シフトや角度の検出は、照明系の光取り込み率を決定するフライアイレンズの位置では行なわれていなかった。したがって、検出手段を用いた場合に、たとえその検出手段が露光ビームの位置シフトや角度にエラーを検出しなかったとしても、実際には露光ビームの光軸がずれていて、照明系における光量低下や露光むらが発生している可能性があった。このような問題は、露光ビームのメイン光路を分岐手段によって分岐して、フライアイレンズと共役な位置で露光ビームの位置や角度を検出したとしても、装置の設置や部品組み立ての精度あるいは振動に

よって、フライアイレンズと検出手段との間に位置ずれが発生することがあるので、完全に無くなることはなかった。

【0007】本発明は、上記のような問題を鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、適切な強度と光量分布をもつ露光ビームによってマスクあるいはレチクルを照射することのできる露光装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、本発明の露光装置は、例えばエキシマレーザ光のような露光ビームを入射してレチクルのパターンに向けて照射するフライアイレンズ等のオブチカルインテグレータと、オブチカルインテグレータのビーム入射面とほぼ同一の面内に配置され、露光ビームを検出する検出手段とを備えている（請求項 1 に対応）。この検出手段は、オブチカルインテグレータの周辺または光入射側表面近傍において、露光ビームの広がる範囲内に設置される（請求項 2 に対応）。また、検出手段は、オブチカルインテグレータの周辺に配置された、複数のフォトダイオード、焦電素子、光導電素子、または直線型光センサーにより構成される（請求項 3 に対応）。検出手段をこのように配置することによりオブチカルインテグレータ上での露光ビームの光軸の位置や角度を正確に検出することができる。そして、その正確な検出結果に基づいてオブチカルインテグレータに入射する露光ビームの光軸の位置や角度を適切に調節することにより、レチクル上のパターンを所定の光量で均一に照射することが可能となる。

【0009】検出手段としてのフォトダイオード、焦電素子、光導電素子、または直線型光センサーは、オブチカルインテグレータの周辺にオブチカルインテグレータの光軸に対して放射状に配置されることが好ましく（請求項 4 に対応）、例えばオブチカルインテグレータの光入射側表面の 4 隅付近（4 隅のすぐ外側）あるいは各辺の midpoint 付近（midpoint のすぐ外側）にそれぞれ 1 つ配置されていてもよく、また 2 つ以上配置してもよい。このように配置された検出手段によって、オブチカルインテグレータに入射する露光ビームの強度プロファイル（光強度分布）等を検出することができるので、露光ビームの光軸の適切な位置補正や角度補正が可能となる。検出素子を各隅付近に 2 つ以上配置すれば、入射光周辺の強度勾配を知ることができ、より正確なビーム補正が可能となるが、各隅に 1 つ配置するものはコストや占有面積の点で有利である。

【0010】さらに検出手段は、オブチカルインテグレータの光入射側表面を覆うことのできる板状検出手段であってもよく、この場合板状検出手段には露光ビームの強度を測定する複数の検出素子が配置される（請求項 5 に対応）。これにより、オブチカルインテグレータの光入射面上における露光ビームの位置シフトを直接検出す

ることができる。なお、この板状検出手段は、パターン露光中は露光ビームの光路の外に待避するものとする。

【0011】本発明の露光装置は、検出手段に照射される露光ビームを遮光または減光するための遮光手段を備えていてもよい（請求項6に対応）。測定を行なわない場合には、この遮光手段によって検出手段を露光ビームから遮蔽し、検出手段の劣化を防ぐことができるので、オブチカルインテグレート上で露光ビームの位置シフトを長期にわたって検出することが可能となる。

【0012】また本発明の露光装置は、検出手段の光入射側前方に配置された、検出手段の光入射有功エリアよりも小さい面積の開口、あるいはピンホールをもつ入射光限定手段を備えていてもよい（請求項7に対応）。これにより、検出手段によるビーム検出位置の検出に対する分解能を向上させ高い検出精度を得ることができる。

【0013】本発明の露光装置は、検出手段による検出信号に基づいて、オブチカルインテグレートに入射する露光ビームの大きさあるいは形状を変更するビーム形状成形手段を備えていてもよい（請求項8に対応）。このビーム形状成形手段は、駆動手段によってビームの倍率設定を制御可能にしたシリンドラズームレンズやズームエキスパンダーとして実現されうる。この場合、光学的検出手段によって検出された信号に基づいて、駆動系によってシリンドラズームレンズとズームエキスパンダーが制御され、オブチカルインテグレート上で露光ビームの強度分布が拡大縮小される。ここで、オブチカルインテグレートに対してビームの強度分布を大きめにとれば、ビームの取り込み率は低下するが、照明むらはより低減される。逆に、オブチカルインテグレートに対してビームの強度分布を小さめにとれば、照明むらは悪化するが、ビームの取り込み率は向上してより高照度の照明光学系となる。

【0014】また、本発明の露光装置は、検出手段による検出信号に基づいて、オブチカルインテグレートに入射する露光ビームの光軸の角度を変更するビーム角度補正手段を備えていてもよい（請求項9に対応）。このビーム角度補正手段は、駆動手段によりビームの角度補正を制御可能にした偏角プリズムやミラーのような偏角発生手段によって実現されうる。また本発明の露光装置は、検出手段による検出信号に基づいてオブチカルインテグレートに入射する露光ビームの光軸の位置を変更するビーム位置変更手段を備えていてもよい（請求項10）。このビーム位置変更手段は、駆動手段によってビームの位置シフト補正を制御可能にした平行平面ガラス等によって実現されうる。このようなビーム角度補正手段やビーム位置変更手段を用いることによって、オブチカルインテグレート上で露光ビームの角度ずれや位置ずれを適切に補正することができる。

【0015】また、本発明の露光方法は、露光ビーム（レーザ光など）をオブチカルインテグレート（フライ

アイレンズなど）を介してマスクのパターンに照射して、そのパターンを基板上に転写する露光方法であって、露光ビームを、オブチカルインテグレートの入射面とほぼ同一の面内で検出するステップと、その検出結果に基づいてオブチカルインテグレートに対する露光ビームの入射状態を検出するステップとを含んでいる（請求項11に対応）。ここで、露光ビームはオブチカルインテグレート周辺において検出される（請求項12に対応）。また、露光ビームの入射状態の検出は、オブチカルインテグレートに対する露光ビームの入射位置およびオブチカルインテグレートの入射面での露光ビームの強度分布の少なくとも一つの検出を含む（請求項13に対応）。この露光ビームの検出結果に基づいて、オブチカルインテグレートに入射する露光ビームの大きさ、形状、角度、位置の少なくとも1つが変更されて、常に適切な強度と光量分布をもつ露光ビームでマスクあるいはレチクルを照射することが可能となる（請求項14に対応）。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の一例を図面を参照しながら説明する。本実施形態では、露光光源が露光本体部の床下に設置されている投影露光装置に本発明を適用した場合を例として説明する。また、本実施の形態の投影露光装置は、露光中にレチクルとウエハとが同期移動するステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置である。

【0017】図1は、本実施形態の投影露光装置の概略構成を示す断面図である。この図に示すように、本実施形態の投影露光装置は本体部1と光源部2と光制御部3とを備えている。本体部1はレチクルの半導体パターン等をウエハに露光するための部分であり、室内の空気が清浄化されかつ一定の温度に保たれたクリーンルームの床の上に防振部材を介して設置されている。光源部2は露光に用いるレーザ光を本体部1に供給するための部分であり、本体部1が設置されたクリーンルームの床下に設けられた部屋に防振部材を介して設置されている。光制御部3は、光源部2の中のエキシマレーザ光源4から射出され本体部1において露光に用いられるレーザ光（レーザ光の光軸の位置と角度、およびレーザ光の断面の大きさ、強度分布、形状等を含むものとする）を制御するものであり、本体部1が設置されたクリーンルーム内に設置されている。

【0018】光源部2は、露光用光源として例えばエキシマレーザを発生させる光源4と、偏角プリズム5と、平行平面ガラス6aおよび6bと、リレーレンズ7aとミラー8を備えている。偏角プリズム5とミラー8は光源4からのレーザ光の角度を補正するために用いられ、平行平面ガラス6aと6bはレーザ光の位置の補正に用いられる。また、リレーレンズ7aは本体部1が有するリレーレンズ7bと共に、レーザ光射出口と光路の適当

な位置を共役関係にするために用いられ、これにより、各種変動に対する照明系の安定性を高めている。これらの光学素子を通り抜けミラー 8 によって反射されたレーザ光は、上部に設置された本体部 1 へと向かう。

【0019】光源部 2 から本体部 1 へと送られたレーザ光は、ミラー 9 によって角度が変更され、上述のリレーレンズ 7 b へと入射する。リレーレンズ 7 b を出たレーザ光は、シリンダーズームレンズ 10 及びズームエキスパンダー 11 で拡大あるいは縮小されてフライアイレンズユニット 12 に入射する。このフライアイレンズユニット 12 は、オブチカルインテグレータとしてのフライアイレンズと光検出器とをそなえているが、その具体的構成については後に詳しく説明する。フライアイレンズユニット 12 を出たレーザ光は照明光学系（照明及び結像系）13 に入射し、この照明光学系 13 によってレチクル 14 上にレーザ光が照射される。

【0020】レチクル 14 には露光対象となるパターンが形成されており、レーザ光がレチクルを照射することにより、そのパターンが投影レンズ 15 を介して縮小されて半導体基板等のウエハ 16 に転写される。レチクル 14 は移動自在に配置されたレチクルステージ 17 上に保持されており、レチクルステージ 17 の位置はレーザ干渉計 18 によって計測される。この位置の計測に基づいて図示しないステージ制御系によってレチクルステージ 17 の位置が制御され、適切な位置にレチクルが配置される。ウエハ 16 は移動自在に設置されたウエハステージ 20 上に保持されている。このウエハステージ 20 も図示しないステージ制御系によってその位置が制御される。この位置制御によってレチクル 14 とウエハ 16 の正確な同期移動が行なわれ、レチクル 14 上のパターンがウエハ 16 上の所定の位置に正確に露光転写される。なお、この制御におけるウエハステージ 20 の位置計測はレーザ干渉計 19 によって行なわれる。

【0021】光制御部 3 はフライアイレンズユニット 12 の光検出器による検出信号を入力し、入力した検出信号からレーザ光の光軸の位置、角度、およびプロファイル（断面光強度分布）等を解析して、その解析結果に基づいて光源部 2 の偏角プリズム 5 と平行平面ガラス 6 a、6 b とミラー 8 を制御し、さらに本体部 1 のミラー 9 とシリンダーズームレンズ 10 とズームエキスパンダー 11 を制御する。この制御により、フライアイレンズユニット 12 のフライアイレンズに入射するレーザ光の光軸の位置、角度、およびレーザ光の形状、大きさ等が適切に補正される。

【0022】図 2 は上述の投影露光装置における照明系の構成を表している。この図において、光源 4 からミラー 8 までは図 1 で示した光源部 2 に対応しており、ミラー 9 以降は本体部 1 に含まれる。また、図 1 のフライアイレンズユニット 12 は図 2 に示すようなフライアイレンズ 35 とフライアイレンズ 35 に隣接する光検出器 4

0 a ~ 40 d を備えており、図 1 の照明光学系 13 は図 2 に示すミラー 30 とコンデンサーレンズ 31 によって構成される。なお、フライアイレンズユニット 12 の光検出器 40 a ~ 40 d の構成は本実施形態の構成の一例を示すのもであり、他の構成の光検出器についても後に具体的に説明する。

【0023】図 2 に示すように、光源 4 から射出されたレーザ光は偏角プリズム 5 とミラー 8（ビーム角度補正手段）によって角度を補正され、平行平面ガラス 6 a と 6 b（ビーム位置変更手段）によって位置シフトが補正されて本体部のミラー 9（ビーム角度補正手段）に向けて射出される。レーザ光はミラー 8 と 9 の前後でリレーレンズ 7 a と 7 b（リレー系）を通過するが、このリレーレンズ 7 a と 7 b はレーザ光出射光と光路の適当な位置を共役関係にすることにより、各種の変動に対して照明系の安定性を高める役割を果たしている。その後レーザ光はシリンダーズームレンズ 10（ビーム形状成形手段）によってその縦横比が補正され、ズームエキスパンダー 11（ビーム形状成形手段）で拡大または縮小されてフライアイレンズ 35 に入射する。フライアイレンズ 35 を出たレーザ光はミラー 30 でレチクル方向に反射された後、コンデンサーレンズ 31 によって集光されて、レチクル 14 を重畳的に照明する。このようにレチクル 14 が照射されることにより、レチクル 14 上のパターンの像が投影レンズ 15 を介してウエハ 16 上に縮小投影される。

【0024】フライアイレンズ 35 周辺に配置された光検出器 40 a ~ 40 d は、フライアイレンズ 35 に入射しない、レーザ光の強度プロファイルの裾野の部分を検出し、その検出結果に基づいて光制御部 3 によってフライアイレンズ 35 に入射するレーザ光の位置、角度、形状、強度等が補正される。以下、本実施形態における光検出器の構成例について説明する。

【0025】図 3 は、フライアイレンズ周辺に配置される光検出器の構成の第 1 例を表している。この構成は図 2 に代表させて表した構成であり、フォトダイオードや焦電素子や光導電素子等による 4 つの光検出器 40 a ~ 40 d がフライアイレンズ 35 の周辺に配置されている。より具体的に言えば、光検出器 40 a ~ 40 d は、フライアイレンズ 35 のレーザ光 42 に対する入射面の対角線の延長上（4 隅付近）に、フライアイレンズ 35 に隣接するように設置されている。この光検出器 40 a ~ 40 d によるレーザ光 42 の検出信号を前述の光制御部 3 によって解析することにより、レーザ光 42 の強度プロファイルの裾野の部分を検出し、その検出結果に基づいて（例えば、光検出器 40 a ~ 40 d の検出結果を比較することによって）レーザ光 42 の光軸の位置シフト量が求められる。そして、この求めた位置シフト量に基づいて、レーザ光 42 の中心がフライアイレンズ 35 の中心に垂直に入射し、かつ入射するレーザ光 42 の広

がりが適切になるように照明系の光学素子が制御される。

【0026】図4は、光検出器の構成の第2例を表している。この構成は第1例の光検出器40a~40dにさらに4つの光検出器40e~40hを加えてたものである。この第2例では、図4に示すように、フォトダイオードや焦電素子や光導電素子等による8つの光検出器40a~40hが、フライアイレンズ35のレーザ光42に対する入射面の対角線の延長上（4隅付近に）に、それぞれ2つずつのペアとしてフライアイレンズ35に隣接するように設置されている。光検出器をこのように配置することにより、レーザ光42の強度プロファイルの裾野の部分を検知するだけでなく、裾野の部分の強度の傾斜も検知することができるので、レーザ光42の位置シフトをより正確に検出することができる。なお、検出結果に基づくレーザ光42の光路制御方法は上述したものと同一である。

【0027】図5は、光検出器の構成の第3例を表している。この構成ではフライアイレンズ35の周辺に4つの直線型光センサー44a~44dが設置される。この4つの直線型光センサー44a~44dは、図4に示すように、フライアイレンズ35の受光面を構成する4辺の中心に隣接するように設置され、その設置方向（長手方向）が隣接する辺に対して直交するように設置される。直線型光センサー44a~44dをこのように設置することにより、レーザ光42の強度プロファイルの裾野の部分を検知することができ、さらに各直線型センサー40a~44dの長手方向に沿った強度分布も検知することができる。これにより、レーザ光42の位置シフトをより正確に求めることが可能となる。

【0028】図6は、光検出器の構成の第4例を表している。第4例の構成は、第3例の直線型光センサー44a~44dのそれぞれに対して遮光器45a~45dを設置したものであり、直線型光センサー44a~44dの構成は第3例と全く同一である。図6に示すように、遮光器45a~45dは、それぞれが各直線型光センサー44a~44dの前方にスライド可能に設けられており、そのスライドによって直線型光センサー44a~44dへのレーザ光42の受光と遮光を切り換えられるように設置されている。直線型光センサー44a~44dによってレーザ光42の検出を行なっているときは、遮光器45a~45dは直線型光センサー44a~44dへのレーザ光42の入射を遮らない位置に置かれ、直線型光センサー44a~44dがレーザ光42の検出を行っていないときは、遮光器45a~45dは直線型光センサー44a~44dの前面を覆うようにスライドしてレーザ光42のセンサーへの入射を遮断する。これにより、レーザ光42の入射による直線型光センサー44a~44dの劣化を最小限に防ぐことができる。本例における遮光器45a~45dのスライドの制御は光制御部

3によって行なわれてもよく、また他の独立した制御部にて行なってもよい。なお、このような遮光器を上述の第1例と第2例の光検出器の前に設置することも可能である。

【0029】図7は、フライアイレンズ周辺に配置される光検出器の構成の第5例を表している。この構成では、図7に示すように、板状固定器46がフライアイレンズ35の光入射面の前方にスライド可能に設置されており、この板状固定器46には、フォトダイオードや焦電素子や光導電素子等から成る17個の光検出器47a~47qが固定されている。この板状固定器46は、実際にパターン露光を行なっているときはフライアイレンズ35へのレーザ光42の入射を遮らない位置に置かれ、レーザ光42の強度プロファイル検出を行なう場合には、フライアイレンズ35の前面を覆うようにスライドする。このような板状固定器46の移動制御は光制御部3で行なってもよく、また他の独立した制御部によって行なってもよい。

【0030】第5例の構成によれば、複数の光検出器47a~47qが板状固定器46に2次元的に固定されており、これらの光検出器47a~47qによってフライアイレンズ35に入射するレーザ光42の強度プロファイル（断面光強度分布）そのものを直接検出することができる。したがって、レーザ光42の光軸の位置シフトのみならず、角度ずれをもきわめて正確に求めることができ、レーザ光42の補正もより正確に制御される。

【0031】図8は、光検出器の構成の第6例を表している。第6例の構成は、第1例の光検出器40a~40dの全部に開口あるいはピンホールをもつ入射光調節板48a~48dを設けたものであり、光検出器40a~40dの構成は第1例と全く同一である。この構成によれば、レーザ光42は入射光調節板48a~48dの開口あるいはピンホールを通して光検出器40a~40dに入射するので、光検出器に40a~40dが検出するレーザ光42の位置がより限定されて、レーザ光42の位置検出の精度が向上する。なお、このような入射光調節板を上述の第2例の8つの光検出器40a~40hすべての前に設置することも可能である。

【0032】以上、本実施形態による光検出器の設置例を示したが、フライアイレンズ周辺の光検出器の構成はこれらの例に限られることはなく、光検出器の個数を変えて設置したものや、光検出器の設置場所を変えたものも、フライアイレンズなどのオプティカルインテグレータの光入射面とほぼ同一面内でレーザ光の強度プロファイル（光強度分布）を測定できるものであれば本発明の範囲に含まれるものとする。

【0033】また、オプティカルインテグレータとして特開平7-201730や特開平8-6175に開示されているようなロッドタイプのものを用いた場合にも本発明を適用できる。

11

【0034】図9は、図1に示した光制御部3の構成とその機能の概略を表した図である。この図の中で、CPU51と制御基板52とドライバー53は光制御部3に含まれるものであり、角度補正系54は偏角プリズム5に、位置変更系55は平行平面ガラス6aと6bおよびミラー8と9に、形状形成系56はシリンダーズームレンズ10とズームエキスパンダー11にそれぞれ対応している。

【0035】フライアイレンズユニット12の光検出器によって検出されたフライアイレンズ35の光入射面におけるレーザ光42は光制御部3の制御基板52に入力されるA/D変換されて数値的な信号に置き換えられる。この信号を受けて、CPU51はレーザ光42の強度分布を求め、フライアイレンズ35に入射するレーザ光42の光軸の位置、角度、およびレーザ光の形状、大きさ等を算出する。CPU51はさらに算出したデータに基づいて、レーザ光42をフライアイレンズ35に適切に入射させるための補正量を各光学素子に対して求め、その補正信号をドライバー53に送る。この補正信号を受けたドライバー53は、補正信号に基づいて、駆動装置を介して角度補正系（偏角プリズム5及びミラー8と9）54と位置変更系（平行平面ガラス6aと6b）55と形状形成系（シリンダーズームレンズ10とズームエキスパンダー11）56を制御する。以上の処理を繰り返すフィードバック制御によって、フライアイレンズ35に入射するレーザ光42の角度、位置、形状、大きさが適切となるように補正が行われる。

【0036】図10は、レーザ光42の位置および角度を補正する平行平面ガラス6aと6bおよびミラー8の制御を表した図である。この図の中で、60aと60bはそれぞれ平行平面ガラス6aと6bを調節するための駆動装置を表しており、61aと61bはミラー8の角度を調節するための駆動装置を表している。駆動装置60aと60bはそれぞれ前述のドライバー53からの信号に応じて平行平面ガラス6aと6bを回転させて、レーザ光42に対する平行平面ガラス6aと6bの角度を調節し、これによりレーザ光42の位置補正を行なう。また、駆動装置61aと61bはドライバー53からの信号に応じてミラー8の両端部を前後させてレーザ光42に対する角度を調節し、これによりレーザ光42の角度が適切に補正される。なお、偏角プリズム5とミラー9の調節については図によって説明していないが、上述の位置角度補正と同様に、駆動装置を用いてレーザ光42の光軸の位置、角度の調節を行なうことができる。

【0037】図11は、レーザ光42の照射領域（大きさ）を補正する（倍率設定）ズームエキスパンダー11を表した図である。この図に示すように、光源4からのレーザ光42は、ズームエキスパンダー11a、b、cに入射して、そこで拡大あるいは縮小されてフライアイレンズ35へと入射する。

12

【0038】図11の（a）はフライアイレンズ35に入射するレーザ光が適切な大きさよりも小さい場合の例を表している。この場合、フライアイレンズ35に隣接して設置されている光検出器（40aと40bを代表させて図示している）は、レーザ光42を検出しないか、あるいは非常に弱い光しか検出しない。よって、このような検出信号を受けた光制御部3は、図9を用いて示した処理によりレーザ光42を拡大させるような補正信号をズームエキスパンダー11の図示しない駆動装置におくり、駆動装置は連続信号あるいは単発的なトリガー信号によってズームエキスパンダー11を調節して、フライアイレンズ35に入射するレーザ光42を拡大させる。

【0039】図11の（b）はそのように調節されたレーザ光42を表している。図に示すように、上述の制御によってズームエキスパンダー11a、b、cが移動し、フライアイレンズ35に入射するレーザ光42が拡大されて、その広がり角がフライアイレンズ35の大きさとほぼ同じ大きさとなるように調節される。なお、ここではフライアイレンズ35に入射するレーザ光42の照射範囲が小さかった場合に、それを適切な大きさに拡大する例を示したが、逆にレーザ光42の照射範囲が大きすぎる場合は、光検出器がフライアイレンズ35周辺において所定の大きさよりも強い光を検出し、この検出に基づいて光制御部3を介して照射範囲を狭めるようにズームエキスパンダー11a、b、cが調節される。

【0040】このような調節により露光における照明条件が最適化されるが、上述の照明系の制御は実際のレチクルの露光中に行なうことも可能であり、それによって露光中の照明むらの低減および照度の切替を実施することも可能である。

【0041】

【発明の効果】本発明によれば、フライアイレンズに入射するレーザ光の強度プロファイルをフライアイレンズの位置で検出することができるので、他の位置で検出する場合に装置の振動や歪み等によって発生する誤差を排除することができ、極めて信頼性の高いレーザ光補正が可能となる。その結果露光における照明むらをなくし照明強度を常に最適化させることができる。また、実際の露光中においても上述の制御系を用いて各光学素子を調節することができるので、露光中の照明条件の変更および最適化が容易に実行できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による投影露光装置の実施形態の1例を示す図である。

【図2】本発明の実施形態の照明系の概略を表した図である。

【図3】本発明の実施形態におけるフライアイレンズと光検出器の第1の構成例を表す図である。

【図4】本発明の実施形態におけるフライアイレンズと

13

光検出器の第2の構成例を表す図である。

【図5】本発明の実施形態におけるフライアイレンズと光検出器の第3の構成例を表す図である。

【図6】本発明の実施形態におけるフライアイレンズと光検出器の第4の構成例を表す図である。

【図7】本発明の実施形態におけるフライアイレンズと光検出器の第5の構成例を表す図である。

【図8】本発明の実施形態におけるフライアイレンズと光検出器の第6の構成例を表す図である。

【図9】本発明の実施形態の光制御部の構成およびその機能を表す図である。

【図10】本発明の実施形態におけるレーザ光の位置補正系および角度補正系を表した図である。

【図11】本発明の実施形態におけるレーザ光の形状調節機能を表した図である。

【図12】フライアイレンズの構成及びフライアイレンズに入射するレーザ光の幾何学的関係を表した図である。

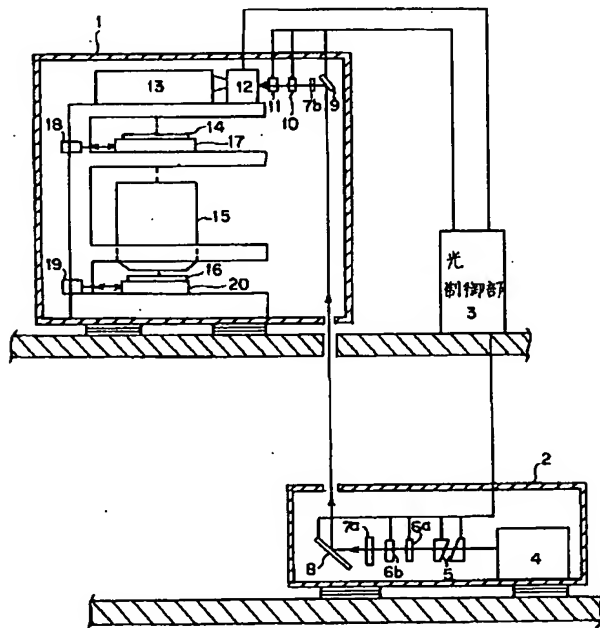
【符号の説明】

- 1 本体部
- 2 光源部
- 3 光制御部
- 4 光源
- 5 偏角プリズム
- 6 a、6 b 平行平面ガラス
- 7 a、7 b リレーレンズ
- 8、9、30 ミラー

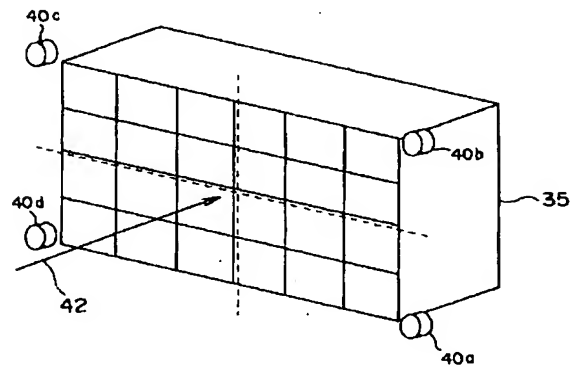
14

- 10 シリンダーズームレンズ
- 11、11 a、11 b、11 c ズームエキスパンダー
- 12 フライアイレンズユニット
- 13 照明光学系
- 14 レチクル
- 15 投影レンズ
- 16 ウエハ
- 17 レチクルステージ
- 18、19 レーザ干渉計
- 20 ウエハステージ
- 31 コンデンサーレンズ
- 35、90 フライアイレンズ
- 40 a～40 h、47 a～47 q 光検出器
- 42、94 レーザ光
- 44 a～44 d 直線型光センサー
- 45 a～45 d 遮光器
- 46 板状固定器
- 48 a～48 d 入射光調節版
- 51 CPU
- 52 制御基板
- 53 ドライバー
- 54 角度補正系
- 55 位置変更系
- 56 形状成形系
- 60 a、60 b、61 a、61 d 駆動装置
- 92 a～92 x サプレンス

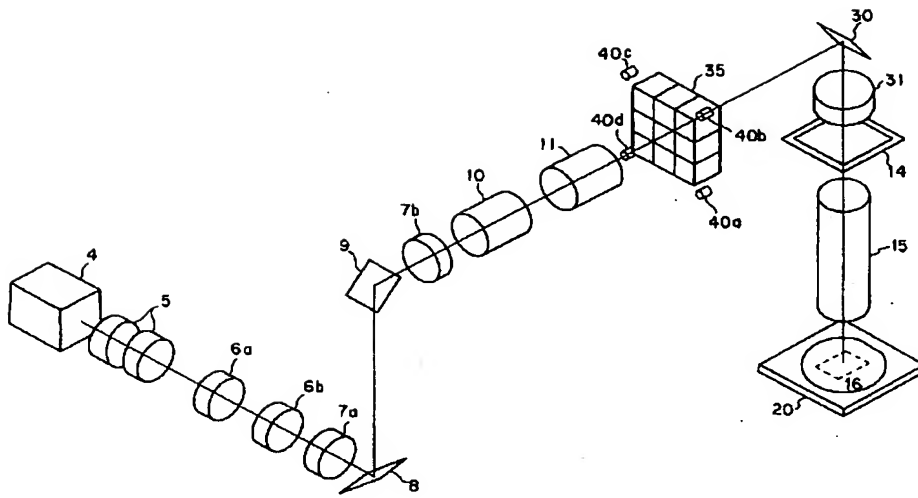
【図1】



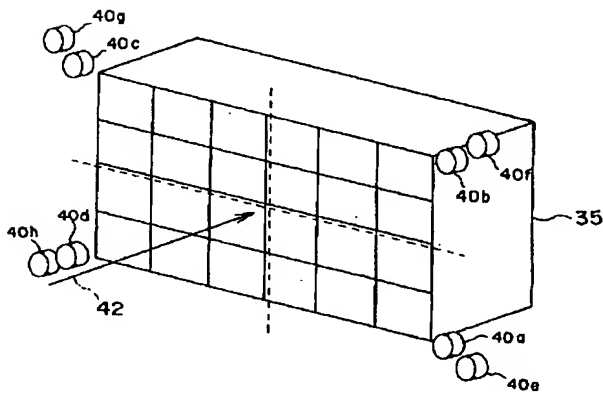
【図3】



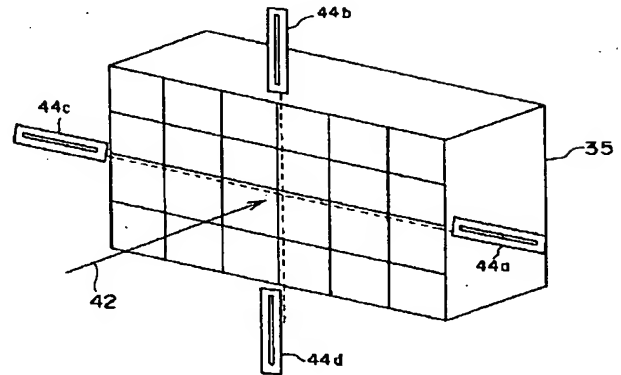
【図 2】



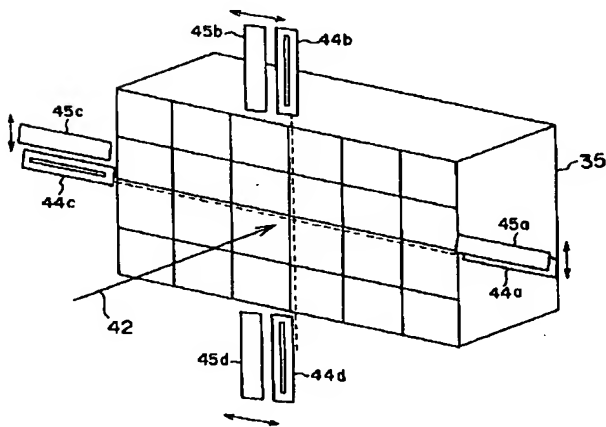
【図 4】



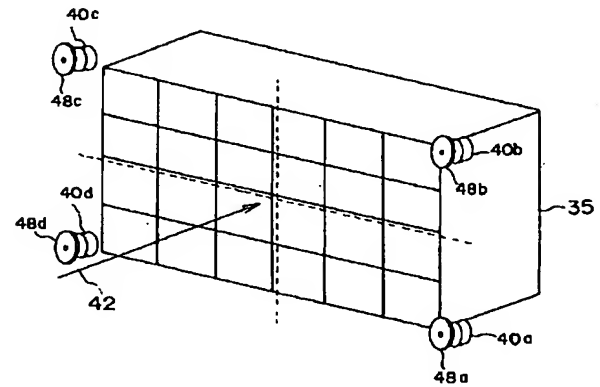
【図 5】



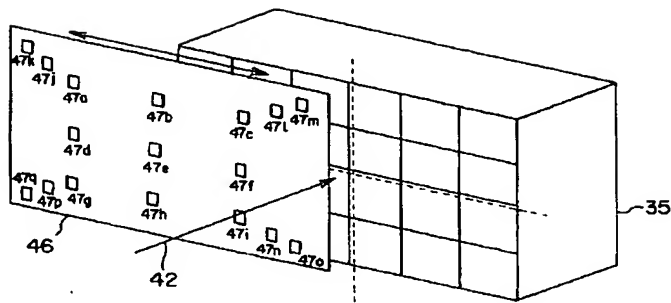
【図 6】



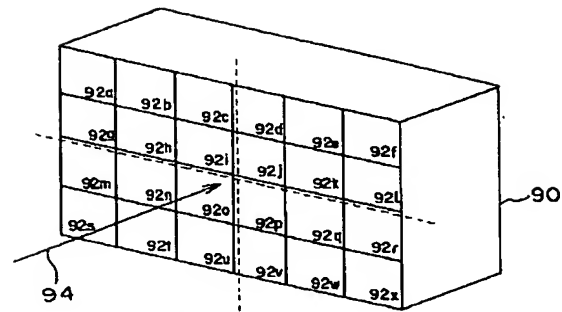
【図 8】



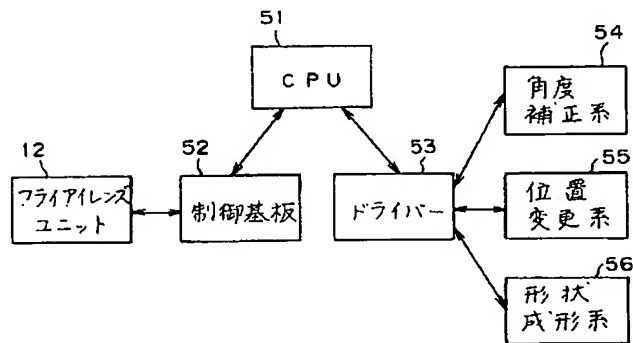
【図 7】



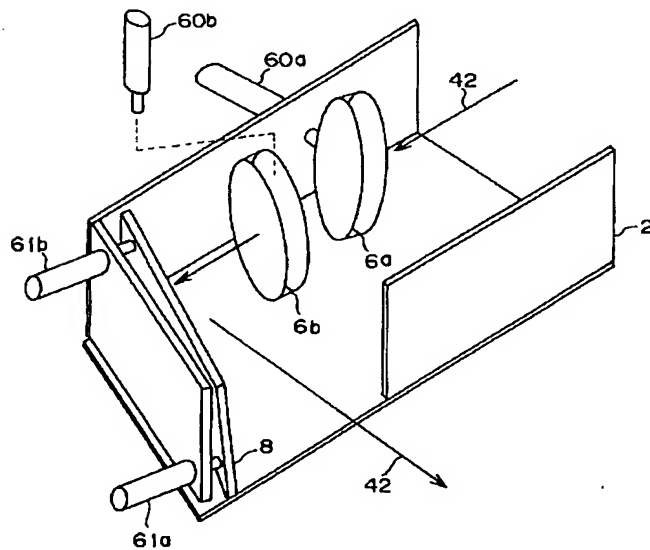
【図 12】



【図 9】



【図 10】



【図 1 1】

